

歴史的建造物を対象とした市街地の地震火災延焼危険度評価の試み — 金沢市におけるケーススタディ —

宮 島 昌 克¹・福 永 智 之²・北 浦 勝¹

(2003年 8 月26日受付, Received August 26, 2003)

(2003年 9 月11日受理, Accepted September 11, 2003)

Eavluation of Earthquake Fire Spread Potential of Areas for Historical Buildings and Houses — Case Study of Kanazawa City —

Masakatsu MIYAJIMA¹, Tomoyuki FUKUNAGA² and Masaru KITAURA¹

The present study is focusing on evaluation of earthquake fire spread potential for historical buildings and houses. First, an equation for the estimation is proposed by using data of Kobe city during the 1995 Hyogoken-nambu earthquake. Then, a case study of Kanazawa city is conducted. The results show an earthquake fire spread potential for historical buildings and houses in Kanazawa city is evaluated qualitatively well in comparison with a field survey of the circumstances.

Key Words: historical buildings and houses, Kanazawa City, fire spread potential, earthquake

1. はじめに

第2次世界大戦においては、文化財を守る立場から京都、奈良、金沢が相手国から空爆されなかったと言われている。現在、文化財に登録されている建造物（歴史的建造物）には消防関係法令に従って、全てに自動火災報知設備、消火器が取り付けられている。また、建造物の床面積や敷地面積、構造に応じてスプリンクラー設備や敷地内に消防用水等を確保しておくことが決められている¹⁾。しかし、大震時に同時多発型火災が発生した場合、

現在行われている境内からの火災の対策だけでは十分ではなく、境外（周辺建造物）からの延焼火災の対策が重要となってくる。地震により倒壊した場合には復元することが可能な場合があるが、火災により部材が焼失すると復元が不可能になってしまう。戦時中に相手国すら一目置いた貴重な文化財を、十分な対策をせずに災害によって失ってしまうことは、国際的信用を損なうといっても過言ではない。

地震火災の延焼に関する研究は、1923年関東地震、1948年福井地震、1995年兵庫県南部地震の資料を基に継

¹ 金沢大学工学部土木建設工学科 (Department of Civil Engineering, Kanazawa University)

² 滋賀県土木部 (元 金沢大学大学院生) (Department of Civil Engineering, Shiga Prefectural Government)

続的に行われてきており、延焼速度式²⁾や隣棟延焼の有無の判別式³⁾なども提案されている。既に提案されている式においては、パラメタが多いほど評価精度が向上するが、ある地域に適用する場合にはパラメタを決定するデータが揃わない場合が多い。

本研究では、被災地であり、立地状況が多岐にわたっている金沢市の歴史的建造物の地震火災危険度を評価することを目的とする。歴史的建造物の地震火災危険度を評価するためには、対象建造物そのものから出火する場合と、対象建造物の周辺家屋から出火し、それが延焼する場合の2通りが考えられる。先に述べたように、対象建造物そのものからの出火については、消防関係法令によって一般家屋よりも厳しい対応策がとられているので、ここでは、周辺家屋からの延焼危険度に的を絞って検討する。

その第1段階として本論文では、比較的容易に入手することが可能である資料を念頭におき、それらを用いて評価できる評価式の構築を1995年兵庫県南部地震の資料を用いて行い、金沢市を対象にケーススタディを行う。ここでは、金沢市における歴史的建造物の地震火災延焼危険度の順位付けを行うことに主眼を置き、現地調査を改めて行わずに、既存の資料を用いて評価することを考える。そして、本研究で危険度が高いと評価されたものについては、今後、現地調査資料を含めた詳細な評価方法を開発し、評価する予定である。

2. 火災延焼危険度評価法の提案

地震が発生し、火災の出火、延焼へと移行していくには様々な要因が複雑に絡み合ってくる。出火については地震の発生時刻や季節など、特に風速の影響が大きいことが知られており、すでにさまざまな研究が重ねられている。本研究では、出火した火災が隣棟へ延焼し、歴史的建造物に影響を与える場合を想定し、延焼の有無を判別する評価式を構築することを試みる。

1995年兵庫県南部地震の際に長田区、兵庫区、東灘区、灘区、須磨区、中央区で延焼火災の起った58地点、単体火災（隣棟への延焼無）の起った35地点を対象に検討を行う。ここで、地点とは火災が延焼し、焼け止まったところまでの範囲を示しており、隣棟への延焼がなかった

場合は、出火点の1棟のみを1地点と呼ぶことになる。

(1) 神戸市における市街地特性と延焼の有無の関係

地震発生から延焼に至るまでには様々な要因が考えられるが、目的変数である延焼の有無が分かっている地点で、説明変数として考えられる各項目の値が必要である。説明変数として考えられる項目は多くあるが、各項目間で相関が高いものを省くとともに、後にケーススタディを行う金沢市においてもデータが得られる説明変数を選択しなければならない。このような観点から種々の検討を行った結果、本研究では、木造率、戦前建築物率、市街地建蔽率、消防力の4項目で延焼の有無の判別式を用いて判別分析を行い、延焼の有無の判別式を構築することにする。

なお、本研究では歴史的建造物を取り巻く周辺環境の、地震火災延焼ポテンシャルを評価することとし、地震の震源位置によって変化する家屋の全壊率や地震の発生時刻などによって変化する、出火率や延焼速度などは考慮しないものとする。これらについては今後の課題とする。そこで、神戸市におけるこれらの市街地特性と延焼の有無の関係についてまず考察する。

木造率と戦前建築物率は、固定資産台帳における建築物の構造・用途・規模に関して神戸市が町丁目単位で集計したデータを用いた。木造率は、対象となる地点が含まれる町丁目の木造延べ床面積を全建築面積の延べ床面積で除したものである。ただし、この対象となる木造の中にはモルタル造などの防火木造も含まれている。戦前建築物率は、対象となる地点が含まれる町丁目の戦前に建築された建築物の延べ床面積を、全建築物の延べ床面積で除したものである。市街地建蔽率は、GISにより集計した町丁目ごとの総建築面積を町丁目の面積で割ったものである⁴⁾。

図1に木造率と戦前建築物率を示す。同図では、隣棟への延焼があった集団火災を延焼有、隣棟への延焼のなかった単体火災を延焼無と、それぞれ表している。延焼有の地点は木造率と戦前建築物率がともに高い傾向がみられる。延焼無の地点は木造率には差があるが戦前建築物率はいずれも低い傾向がある。また、延焼無の地点で、戦前建築物率が比較的大きい地点は木造率が低くなっている。図2に木造率と市街地建蔽率の関係を示す。対象

とした93地点の市街地建蔽率は40%前後に集中しており、延焼の有無で顕著な差はみられないが、延焼無の地点では延焼有の地点より市街地建蔽率が若干低くなる傾向がある。図3に戦前建築物率と市街地建蔽率の関係を示す。延焼有の地点は戦前建築物と市街地建蔽率が大きくなる傾向がみられる。延焼無の地点のなかで戦前建築

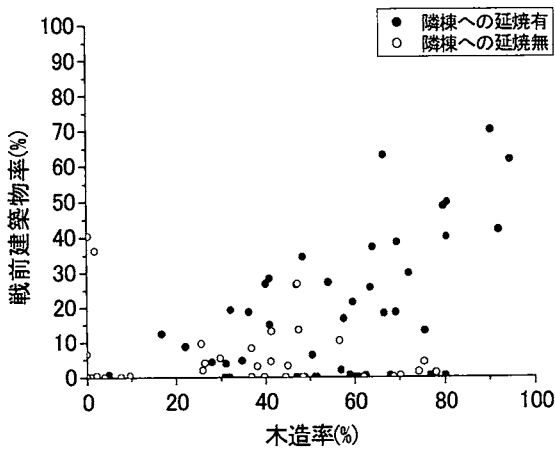


図1 木造率と戦前建築物率の関係

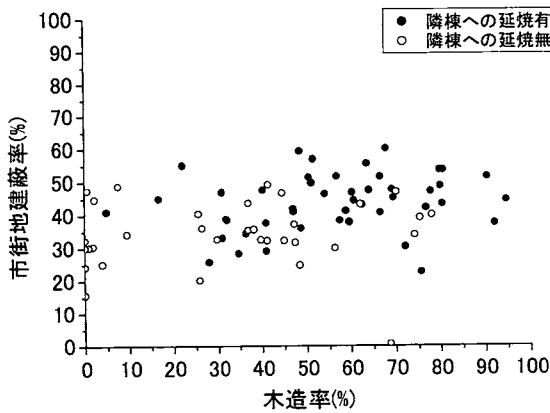


図2 木造率と市街地建蔽率の関係

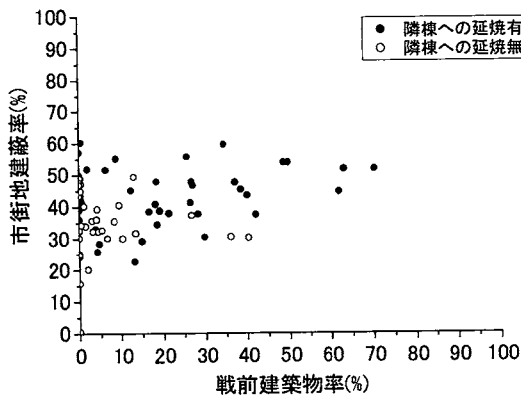


図3 戦前建築物率と市街地建蔽率の関係

物率の高い地域は市街地建蔽率が低くなる傾向がみられる。

市街地特性としてここで取り上げた木造率、戦前建築物率、市街地建蔽率は、いずれも対象地点が含まれる町丁目ごとのデータであり、対象地点の周辺状況を的確に捉えているとはいえない。より狭い範囲で対象となる地点の市街地特性が分かれば、上述した傾向がさらに顕著になってくるものと期待される。

(2) 消防力の評価

対象地点の消防活動が兵庫県南部地震の際に実際にそれぞれどのように行なわれたかを調べることは不可能であるが、区ごとには表1⁵⁾に示すデータが揃っている。市街地特性のように町丁目のデータではなく区単位という広い範囲であるが、延焼阻止要因としては欠くべからざる要因であるので、このデータを用いて検討することにする。

消防力とは、①ポンプ自動車や梯子車等の消防自動車、②それらを駆使し消火活動をする消防隊員、③消火栓や防火水槽等の消防水利、がその主たる構成要素である。この消防3要素のうち1つでも欠けると、効果的に消防活動を展開することができない⁶⁾ことから、この3項目すべてを用いて消防力を評価する。

表1に示すように消防隊員数と消防ポンプ車数については、地震発生時のものを用いる。時間が経過するにつれ保有消防力に近づいていったと考えられるが、消防隊員とポンプ車数の増え方を考慮することが不可能であるため、本研究では考慮しないことにした。消防水利については、消火栓の使用状況は東灘区で最長2時間のみ使用可能、中央区では生田署管内では常時使用可能であり、他の区は使用不能であった。ここでは消火栓の個数は考

表1 対象地点の消防力⁵⁾

	長田区	兵庫区	東灘区	灘区	須磨区	中央区
地震発生時消防隊員（人）	24	22	29	26	33	46
ポンプ車数（台）	2	2	2	2	3	3
保有消防力消防隊員（人）	97	89	113	103	125	186
ポンプ車数（台）	3	3	4	4	4	5

えず防火水槽の基数のみで評価する。

消防隊員、ポンプ車、防火水槽は、上述したように1つの要素でも欠けると効果的に消防活動を展開することができないことから、重要度は同じであると考え。消防力として総合的に項目値を算出するために、消防隊員（人）とポンプ車（台）の防火水槽（基）の単位がそれぞれ異なるため、それぞれの項目値を平均値0，標準偏差1となるように基準化してから平均して説明変数として用いた。

(3) 延焼火災危険度評価法

目的変数を隣棟への延焼の有無，説明変数を木造率，戦前建築物率，市街地建蔽率，消防力として，判別分析を行った。ここでは，消防力と同様に市街地特性である木造率，戦前建築物率，市街地建蔽率も基準化して用いた。得られた判別式を次に示す。

$$y = 0.291 \times x_1 + 0.168 \times x_2 + 0.339 \times x_3 - 0.338 \times x_4$$

y：判別値（y>0：隣棟への延焼有，y<0：隣棟への延焼無）

x_1 ：木造率， x_2 ：戦前建築物率

x_3 ：市街地建蔽率， x_4 ：消防力

作成した評価式による隣棟への有無の判別と実際の有無との比較により，判別の中率は74.2%であった。図4に判別値と対象地点の火災規模，実際の延焼の有無の関係を示す。ここでは延焼の有無を目的変数としているので，当然のことながら火災規模と判別値との間に相関は見られない。判別式により延焼有と判別された地点は8地点を除いて全て実際に延焼のあった地点である。判別分析により隣棟への延焼有となったが，実際延焼がなかった8地点のなかで，実際に調査されている3地点について考察する。1つは耐火造（鉄筋コンクリート造）4階建ての店舗併用住宅であり，防火ドアのあった部屋から出火した。火災は他の部屋に延焼したが，向かいにあった消火栓からホースを用いて住民7，8人で消火している。他の2地点は，防火造（鉄骨造）3階建店舗併用共同住宅と耐火造11階建の共同住宅である。これらのことから，実際は隣棟への延焼がなかった地点のなかで，判別分析においては延焼有となった地点は，耐火造など

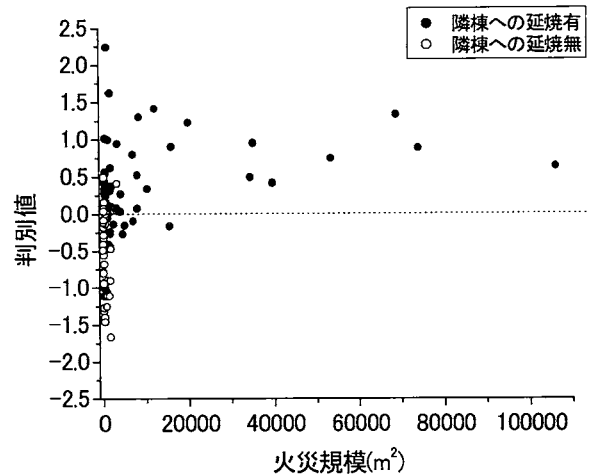


図4 火災規模と判別値の関係

隣棟へ延焼しにくい構造であったり，共同住宅で多くの市民が消火に携わったものであると考えられる。以上の考察より，判別式を用いた結果，隣棟への延焼有となった地点では対策を施さないと延焼火災になる可能性が極めて高いと考えられる。

なお，実際に延焼があったが延焼なしと判別された地点が16地点あったが，これらについては具体的な調査事例が見つからなかったため，ここでは考察できなかった。これらについては今後の課題とする。

3. 金沢市におけるケーススタディ

金沢市の国，県，市指定の文化財建造物と市指定保存建造物の建造物43棟⁷⁾を対象とし，延焼火災危険度を評価する。対象となる建造物は国指定7棟，県指定5棟，市指定31棟である。本研究で対象とする歴史的建造物の構造種の内訳を図5に示す。同図からわかるように約8割が木造であり，火災に対して十分な対策が必要であると考えられる。図6に対象建造物の分布状況を示す。同図より対象建造物は市内の中心部に集中していることがわかる。

(1) 各評価項目の調査方法

木造率，戦前建築物率は小学校下ごとに調査されている値を用いた⁸⁾。木造率は，対象建造物が含まれる小学校下の木造建造物数をその小学校下の全建造物数で割った値である。図7に，対象建造物ごとにその建造物が含

まれる小学校下の木造率を示した。

戦前建築物率は、対象建築物が含まれる小学校下で昭和25年までに建てられた建造物をその小学校下の全建造物数で割った値である。図8に対象建造物ごとにその

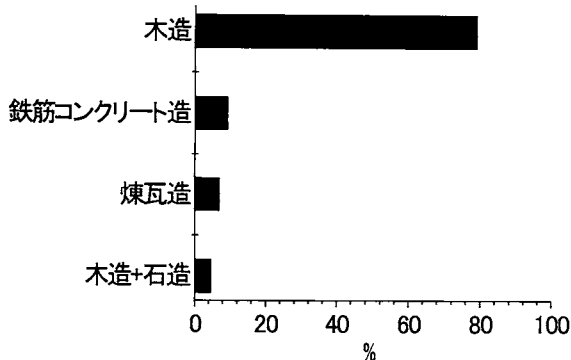


図5 対象建造物の構造種別内訳

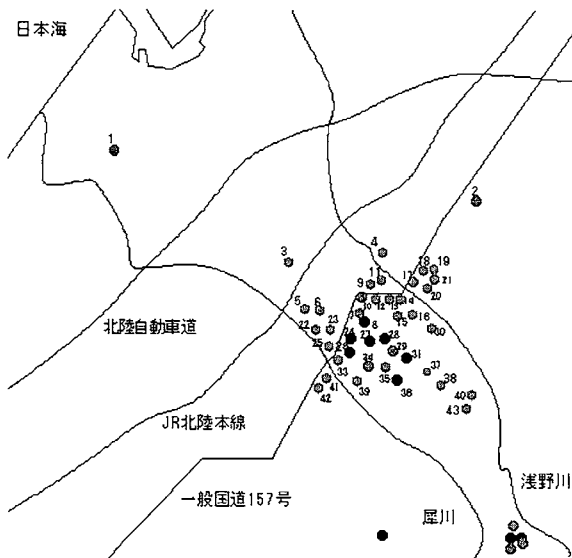


図6 歴史的建造物の分布状況

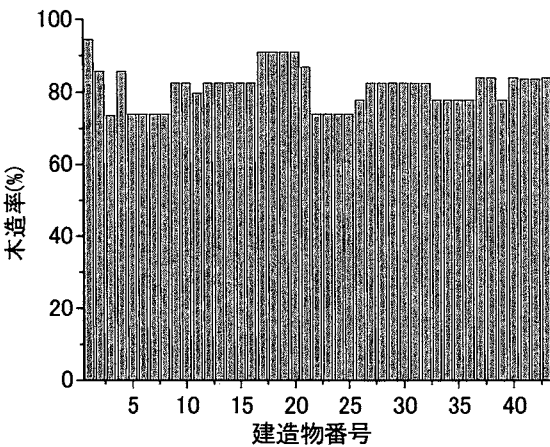


図7 対象建造物が含まれる小学校下の木造率

建造物が含まれている小学校下の戦前建築物率を示した。

市街地建蔽率については、これを直接算出することが困難であったため、対象建造物の周辺状況が把握できるように、対象建造物の建蔽率と周辺建物数、道路・空地等に面する面数を基準化し、平均することで代替することとした。対象建造物の建蔽率は、県または市の文化財保護課で調査した値を用いた。周辺建物数は、延焼遮断帯として機能すると考えられる隣棟間隔12m⁹⁾を用い、対象とする歴史的建造物の12m 以内にある建物数とした。道路等空地に面する面数は、角地に位置する影響を考慮するため住宅地図から調べた。

消防力の3項目に関しては、消防隊員数、消防ポンプ車数は対象建造物の管轄消防署の値を用いた。防火水槽の基数については、神戸市においては区ごとの防火水槽の基数のみしか調べられなかったが、金沢市においては、対象建造物の有効消火範囲内にある防火水槽の基数を用いる。有効消火範囲の定義をつぎに示す。

平常時の火災において、一般に用いられている消防ポンプ車の延長ホースは、最大限可能なもので10本（1本20m×10本=200m）以内であると言われている。この場合、図9に示すように、平面的な道路の曲りや水圧による屈曲等を考慮すると、約7割である半径140m の範囲でしか有効に消火活動を行うことができないと考えられる¹⁰⁾。したがって、本研究においても、対象とする建造物から140m 以内の範囲を有効消火範囲と考え、有効消火範囲内にある。防火水槽の基数を調査し、分析に用いた。

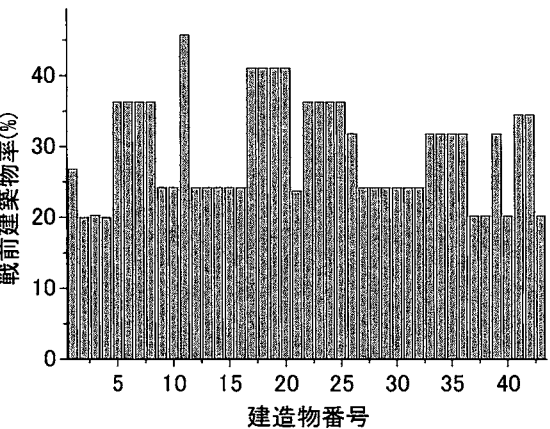


図8 対象建造物が含まれる小学校下の戦前建築物率

市街化建蔽率、消防力ともに、異なった単位を持つ3項目を総合して説明変数と使用としているので、それぞれの項目値を平均値0、標準偏差1となるように基準化してから平均して説明変数として用いた。

(2) 評価結果と考察

判別式を金沢市における対象建築物43棟に適用した結果を図10、11に示す。17棟の判定値が正となり、延焼有と判別された。しかし、前述したように金沢市における市街地建蔽率や消防力の算出の方法が判別式を構築した神戸市の場合と異なっており、さらに、それぞれの説明変数を基準化して用いているので、判別結果の正負で延焼の有無を判定することはできない。したがって、ここでの判別結果は金沢市における火災延焼危険度ポテンシャルを相対的に表しているものと考えることができる。

そこで、図10に示されている判別値の特に大きかった地点と小さかった地点に注目して考察する。判別値の特に小さかった建築物番号5、25については、図8に示すように戦前建築物率は高い値を示しているが、写真1に示すように広大な庭を有する旧武家屋敷などであり、対象建築物の建蔽率が極めて低いことから判別値が小さくなったことがわかった。一方、判別値が極めて大きくなった建築物番号19、29を写真2、3に示す。これらはいずれも木造2階建てであり、写真4に示す、金沢市の伝統的建造物群保存地区である東山に建っており、隣棟間隔がないことや、周辺の木造率、戦前建築物率が極めて高いことなどから延焼危険度が高くなったものと考えられる。さらに、全対象建築物の周辺状況を調査したところ、判別値の大きかった建築物は、周辺に住宅が密集している地域に存在しているものが多かった。しかし、周辺住宅との間隔が大きく、住宅があまり密集していない地域に存在している建築物もあり、現地調査からだけでは判断しにくい消防力なども総合的に評価できていると考えられる。

4. 結 論

本研究は、金沢市の歴史的建造物を対象として、大震災の同時多発火災を念頭においた、地震火災延焼危険度

ポテンシャルの評価法について検討したものである。ここではまず、危険度ポテンシャルの高いもの抽出し、さらに詳細な検討を行うことを前提に、既存の資料のみで危険度ポテンシャルを評価することを心がけた。本研究から得られた成果をまとめると以下のようなものである。

市街地特性として木造率、戦前建築物率、市街地建蔽率、消防力を取り上げて、神戸市における兵庫県南部地

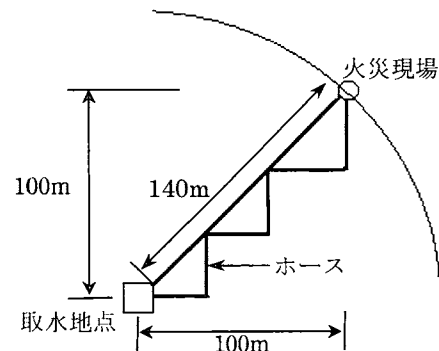


図9 ホース延長と到達距離¹⁰⁾

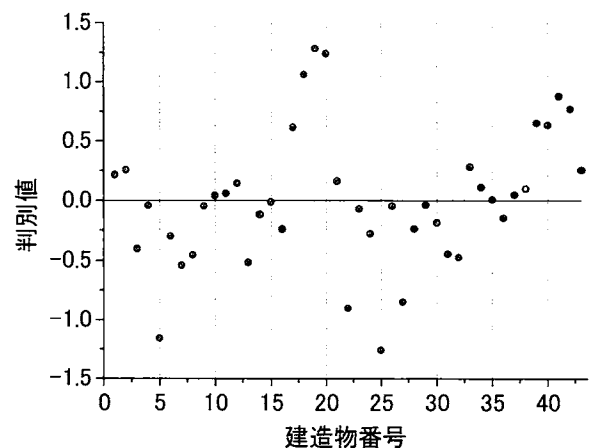


図10 対象建築物数の判別値

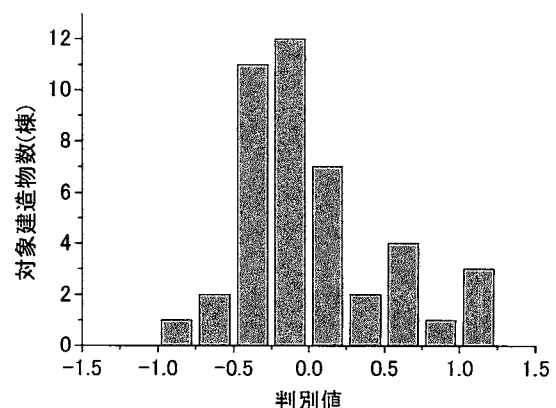


図11 判別値ごとの対象建築物数

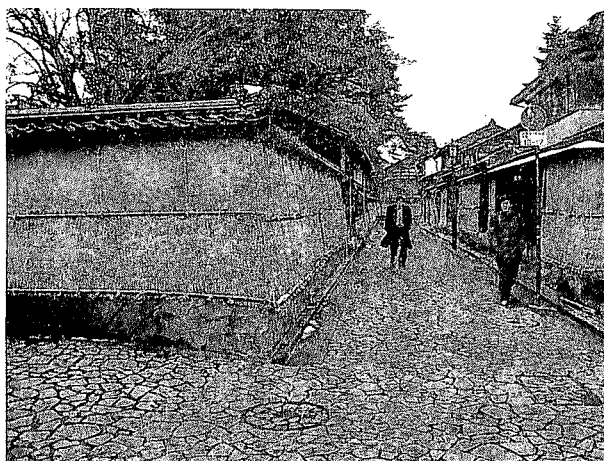


写真1 建造物25の周辺状況

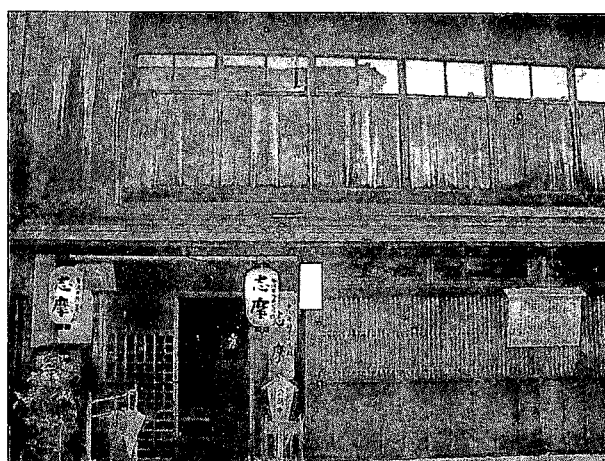


写真2 建造物19の概観

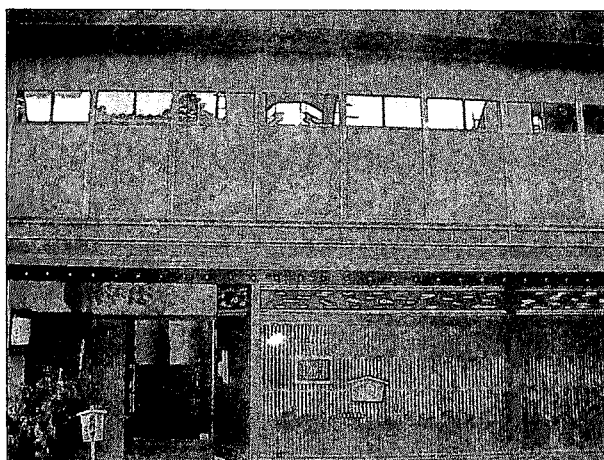


写真3 建造物20の概観



写真4 東山伝統的建造物群保存地区

震の際の延焼の有無を判別分析したところ、比較的精度の良い判別式を構築することができた。しかし、ここで用いたデータは町丁目ごとや、消防力においては区ごとであるので、建造物の周辺の状況を的確に表しているとはいえない。今後はさらなるデータの集積が望まれる。

金沢市に判別式を適用することにより、金沢市における火災延焼危険度ポテンシャルを相対的に評価することができた。評価対象の建造物を現地調査し、評価結果を考察したところ、現地調査からだけでは判断しにくい消防力なども総合的に評価できていると考えられた。しかし、同時多発火災時や交通渋滞時には消防力が十分に発揮できない場合も考えられるので、そのような場合についても検討する必要がある。また、ここでは兵庫県南部地震時の神戸市と同じ諸条件を仮定していることになっているので、発災時刻や気象条件、特に風速、風向などにより危険度ポテンシャルの相対関係が異なる場合があ

りうるので、これらについても検討が必要である。

今後は、さらに建造物周辺の状況を表す詳細なデータを用いた詳細な判定方法を、今回の評価で危険度が高いと判定された建造物を中心に行っていく予定である。また、延焼危険度が高いと判断された建造物については、建造物そのものの防火対策をチェックすると共に、周辺住民に本評価結果を公表し、地震時の火災対策に対する意識を高める工夫を住民と共に考えていかなければならないと考えている。

参考文献

- 1) 財団法人重要文化財所有者連盟、文化財保存管理ハンドブック、p.6, pp.36-37, 2001.
- 2) 例えば、浜田稔：火災の延焼速度式について、火災の研究I、相模書房、1951.
- 3) 例えば、村田明子、横田英邦、北後明彦、室崎益輝：兵庫

- 県南部地震時に出火した耐火構造，準耐火造建物からの延焼要因，日本建築学会計画系論文集，pp.1-8，2002.
- 4) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告建築編-6，p.149，p.304，1998.
- 5) 高井広行，矢野公一，松井武史，坊池道昭，上村雄二：神戸市における地震火災の発生と延焼動態に関する研究，日本建築学会計画系論文集，pp.137-144，1998.
- 6) 保野健治朗，難波義郎，大森豊裕：市街地の建物火災に対応した消防水利計画に関する基礎的研究，土木学会論文集，pp.145-154，1991.
- 7) 金沢市教育委員会：金沢の歴史的建築—その現状と保存に向けて—，1986.
- 8) 金沢市地震対策調査委員会：各被害想定結果，1997.
- 9) 保野健治朗，他：建物火災の放水による延焼阻止効果に関する基礎的研究，日本火災学会論文報告集，Vol.32，No.2，pp.57-65，1982.
- 10) 高山純一，飯坂貴宏：大震時同時多発火災を想定した消防力低下の評価と消防水利計画に関する研究，土木計画学研究・論文集，pp.235-244，1997.